

DIE VENENVERSCHLUSS-
PLETHYSMOGRAFIE IN RELATION
ZUR
ULTRASCHALL-DOPPLERSONOGRAFIE
BEI DER BEURTEILUNG
VERSCHIEDENER STADIEN
ARTERIELLER
DURCHBLUTUNGHSSTÖRUNGEN
DER BEINE

DER VERSCHLUSSKRANKHEITEN-
HINWEISQUOTIENT ALS WEITERES
DIAGNOSTISCHES HILFSMITTEL

Klaus Plab



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der III. Medizinischen Abteilung
des
Städtischen Krankenhauses München-Neuperlach
Chefarzt: Prof. Dr. med. P. Dieterle

DIE VENENVERSCHLUSSPLETHYSMOGRAFIE IN RELATION ZUR ULTRA-
SCHALL-DOPPLERSONOGRAFIE BEI DER BEURTEILUNG VERSCHIEDE-
NER STADIEN ARTERIELLER DURCHBLUTUNGSSTÖRUNGEN DER BEINE

DER VERSCHLUSSKRANKHEITENHINWEISQUOTIENT ALS WEITERES DIA-
GNOSTISCHES HILFSMITTEL

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Klaus Plab
aus
München

München 1984

Mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter: Prof.Dr.med.P.Dieterle
Mitberichterstatter: Prof.Dr.med.E.Buchborn
Dekan: Prof.Dr.med.W.Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 30.Mai 1986

Meiner Mutter Edith Plab

Mein aufrichtiger Dank für die Überlassung der Thematik, die stetige Bereitschaft zur Betreuung und die hilfsbereite Führung bei der Erstellung dieser Arbeit gilt Herrn Professor Dr.med.P.Dieterle.

Weiterhin danke ich Herrn Oberarzt Dr.K.P.Minkus für seine Mühen, die es mir ermöglichten, die Basis für diese Arbeit zu schaffen.

Zuletzt gilt mein Dank auch Frl.G.Krüger, die mir bei organisatorischen Problemen stets eine große Hilfe war.

Klaus Plab

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A Zusammenfassung der Ergebnisse	3
B Problemstellung	5
C Überblick über die durchgeführten Untersuchungen und Methodik	6
D Überblick über die Ergebnisse	12
1.) Vergleich zwischen Klinik und Plethysmografie- ergebnis	12
2.) Vergleich zwischen dopplersonografisch und verschlußplethysmografisch gewonnenen Ergeb- nissen	16
3.) Intraindividuelle Schwankungen bei Wiederholungs- messung	18
4.) Beobachtung einzelner Parameter der Messungen in den verschiedenen Stadien	22
a) Ruhefluß	22
b) Erstfluß	22
c) Spitzenfluß	23
d) Spitzenflußzeit	23
e) Abklingzeit	23
5.) Prüfung diagnostischer Möglichkeiten durch Anlegen zweier Meßfühler	29
a) Prüfung des Meßergebnisses des distalen Meßfüh- lers zum proximalen und zur Ultraschall-Doppler- sonografie	
b) Verschlußlokalisation und Beobachtung des Erst- flusses, Spitzenflusses und der Spitzenflußzeit des distalen Meßfühlers in verschiedenen Sta- dien	33
c) Vorstellung des Verschlußkrankheiten-Hinweis- quotienten (AVK-HQ) und seiner diagnostischen Bedeutung	35

E Diskussion

39

F Literaturhinweise

47

A Zusammenfassung der Ergebnisse

102 Beine wurden vergleichend mit Ultraschall-Dopplersonografie und Venenverschlußplethysmografie auf die Situation der arteriellen Durchblutung untersucht.

Hierbei wurde die Venenverschlußplethysmografie auf ihre Wertigkeit bei der Beurteilung arterieller Blutflußstörungen überprüft.

Die Ergebnisse lassen folgende Schlüsse zu:

- 1.) Mit dem Schweregrad der arteriellen Durchflußstörung nehmen die Hinweise auf obliterierende Gefäßprozesse durch die Meßergebnisse zu.
- 2.) In 16,6 % der Fälle werden falsch pathologische Blutflußwerte geliefert.
- 3.) Der gemessene Spitzenfluß als Hauptkriterium zur Beurteilung der Blutflußsituation in den Beinarterien entspricht

im Stadium 0	in	71,7 %,
im Stadium I	in	51,6 %,
im Stadium II	in	0 % und
im Stadium III/IV	in	42,9 % der Fälle

der Durchblutungssituation.

Er gibt die sichersten Hinweise auf Vorliegen oder Nicht-Vorliegen einer arteriellen Verschlußkrankheit im Bereich des Gesunden und im Bereich des Verschlußstadiums III/IV nach Fontaine. In den Stadien I und II sind die Plethysmografieergebnisse nur bedingt verwertbar.

- 4.) Die Plethysmografieergebnisse unterliegen starken Schwankungen. In 33 % muß bei (Wiederholungs-)Messungen mit Abweichungen von mehr als 20 % gerechnet werden. Ein Seitenvergleich der Ergebnisse kann so nur bedingt zentrale oder aortale Prozesse ausschließen.
- 5.) Der Ruhefluß und die Abklingzeit haben (als Einzelmeß-

wert betrachtet) weder am proximalen noch am distalen Fühler gemessen, diagnostischen Wert.

- 6.) Der Erstfluß und die Spitzenflußzeit können nur zusammen mit dem Spitzenfluß diagnostische Bedeutung einnehmen.
- 7.) Bei Anlegen eines zweiten, distalen Meßfühlers läßt sich von den zusätzlich gewonnenen Daten der distale Spitzenfluß bedingt verwerten.
- 8.) Der gefundene Verschlußkrankheiten-Hinweisquotient für Arterien (AVK-HQ) ermöglicht durch einfaches Dividieren zweier Meßwerte einen ziemlich sicheren Hinweis auf Vorliegen einer arteriellen Verschlußkrankheit. Er erlaubt ebenfalls grob festzustellen, wo ein eventueller Gefäßprozeß, der die Durchblutung behindert, zu suchen ist. Seine Wertigkeit wird durch die Gesamtwertigkeit der Venenverschlußplethysmografie bestimmt.
- 9.) Für die diagnostisch bedeutenden Meßparameter werden Normwerte und deren Grenzen angegeben.

B Problemstellung

Die Störungen der arteriellen Durchblutung, insbesondere der Beine, begleiten Patienten ab dem Alter von etwa 20 Jahren an bis zum Lebensende mit Häufigkeitsspitzen von bis zu 10 % der Gesamtbevölkerung.

Hierbei sind Männer 4mal häufiger als Frauen betroffen. Seit Jahrzehnten werden Hypertonie, Rauchen, Hypercholesterinämie, Diabetes mellitus und andere Faktoren als ätiologische Möglichkeiten diskutiert.

Unabhängig davon hat sich ein weites Spektrum spezifischer diagnostischer Möglichkeiten entwickelt (Beurteilung subjektiver Befunde, objektiver Befunde, instrumentelle und gerätetechnische Methoden).

Mit am häufigsten eingesetzt werden die Ultraschall-Dopplersonografie und die Venenverschußplethysmografie, wobei die Venenverschußplethysmografie, als einzige nicht-invasive, quantitative Meßmethode, ein seit Jahrzehnten bekanntes Verfahren zur Beurteilung der arteriellen Durchblutung, u.a. der unteren Extremitäten, darstellt.

Die vorliegende Arbeit untersucht durch Vergleich der Meßergebnisse mit ultraschall-dopplersonografisch und klinisch gewonnenen Daten, ob sie den heutigen Ansprüchen an die Beurteilung des Status der arteriellen Durchblutung noch gerecht werden kann.

Die methodischen Möglichkeiten der Venenverschußplethysmografie werden durch das Errechnen des Verschußkrankheiten-Hinweisquotienten ergänzt.

Die Untersuchungen stützen sich auf 102 Beinplethysmogramme, die im Zeitraum von Juni bis Oktober 1983 durch den Autor am Städt. Krankenhaus München-Neuperlach, III. Med. Abteilung, durchgeführt wurden.

C Überblick über
die durchgeführten Untersuchungen und Methodik

Es wurden im Frühjahr und Sommer 1983 102 Beine von Patienten der III. Medizinischen Abteilung des Städtischen Krankenhauses München Neuperlach, Chefarzt Prof. Dr. P. Dieterle, auf ihre Durchblutungssituation hin mit dem Venenverschußplethysmografen Periquant 3000 der Firma Gutmann, Eurasburg, und dopplersonografisch mit dem Kleinstdopplergerät der Firma Parks Electronic GmbH, USA, sowie mit einem stationären Dopplergerät, dem Echovar-Doppler-Pulsé der Firma Alvar-Electronic, gekoppelt an einen EKG-Schreiber, untersucht.

Der Altersdurchschnitt der, bei dieser Untersuchung nicht nach der allgemeinen Häufigkeit verteilten 16 Männer und 35 Frauen (mehr Frauen im Patientengut der Abteilung) betrug 67,2 Jahre.

Bei der Venenverschußplethysmografie wurde mit Quecksilberdehnungsmeßstreifenmeßfühlern, passend zum o.g. Gerät, gearbeitet.

Untersucht wurden nach ausreichender Vorbereitungszeit beide Beine.

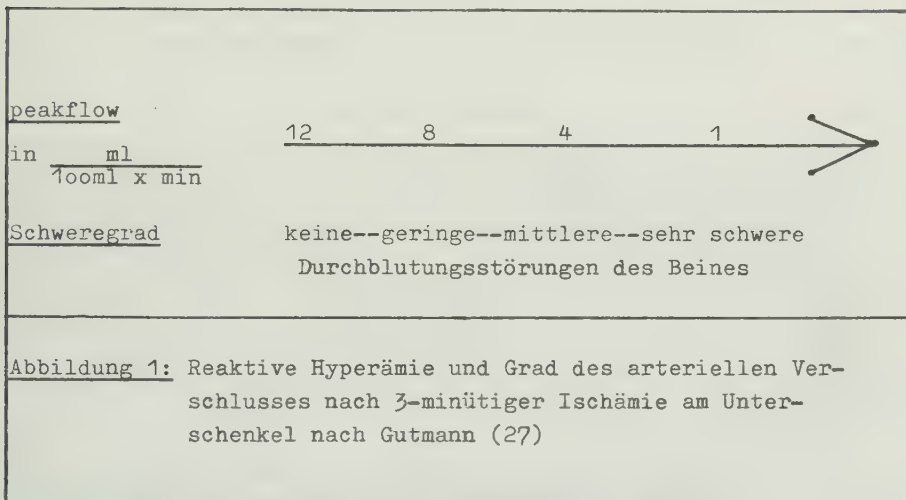
Hierbei wurden festgehalten:

- Ruhefluß (3-fach gemessen, Mittelwert gebildet) (restflow)
- Erstfluß nach 3-minütiger Ischämie (first-flow)
- Spitzenfluß nach 3-minütiger Ischämie (peak-flow)
- Spitzenflußzeit nach 3-minütiger Ischämie (peakflow-time)
- Abklingzeit nach 3-minütiger Ischämie (time to rest-flow)

24 Beine wurden unter möglichst gleichen Bedingungen wiederholt plethysmografiert.

Bei 23 Beinen wurde mit einem zusätzlichen, distal, am Knöchel angebrachten Meßfühler gemessen.

Der verschlußplethysmografische Verschlußgrad wurde nach dem gebräuchlichen Schema von Gutmann festgelegt (Abb.1).



Hierbei wurden die genauen Stadiengrenzen wie folgt festgelegt:

Spitzenfluß unter oder gleich 7,6:	Stadium III/IV
Spitzenfluß von 7,7 bis 9,8:	Stadium II
Spitzenfluß von 9,9 bis 12,3:	Stadium I
Spitzenfluß größer als 12,3:	Stadium 0, also keine AVK.

Zur Erläuterung: -AVK = Arterielle Verschußkrankheit
 -Einheit des o.g. Spitzenflusses in

$$\frac{\text{ml}}{100\text{ml} \times \text{min}}$$

Dieses Klassifizierungsschema stellt eine Mittelung der Ergebnisse mehrerer Untersucher dar.

Das Anlegen der Meßfühler und der Staumanschette erfolgte ebenfalls nach den gängigen Richtlinien. (Abb.2)

Die dopplersonografischen Untersuchungen registrierten die peripheren, arteriellen, systolischen Blutdrucke an

den Arteriae radiales, dorsales pedis und tibiales posteriores und wurden gefolgt von der Beurteilung der dazugehörigen Frequenzkurven für alle bekannten Arterienabgriffstellen an den Beinen.



Abbildung 2: Korrekt gelagertes Bein mit angelegten Meß-
fühlern und Staumanschette

Erläuterungen: 1 = distaler Meßfühler
2 = Wadenpolsterung
3 = proximaler Meßfühler
4 = Beinpolster
5 = Staumanschette

Der Grad der arteriellen Durchflußstörung wurde sonografisch,

kombiniert mit der Betrachtung der klinischen Symptomatik (im Sinne des Schemas nach Fontaine), definiert. (3,4,21,34)
Somit waren unter zusätzlicher Heranziehung der systolischen Druckdifferenz systemisch zu Mittelwert peripher (ebenfalls sonografisch ermittelt) Wertungen der Venenverschlußplethysmografie durch Vergleich mit den Dopplerergebnissen möglich.

Es folgt ein Gesamtüberblick über die untersuchten Patientenbeine:

Im Gesamtüberblick verwendete Abkürzungen:

Nr. = Fortlaufende Nummer des untersuchten Patienten

s = Geschlecht des Patienten

a = Alter des Patienten

D.m. = Erkrankungsdauer an Diabetes mellitus in Jahren, falls je aufgetreten

Klin.Sympt. = Beschwerden an den Beinen, die sicher mit einer arteriellen Verschlußkrankheit in Verbindung zu bringen waren

USD = Ultraschall-Doppler

MF = Anzahl angelegter Meßfühler

VVP = Durchblutungsstadium, plethysmografisch gemittelt

W = Angabe durchgeführter Wiederholungsmessungen

Gesamtanzahl Patienten:	51
Diabetiker:	40
Nicht-Diabetiker:	11
Männer:	16
Frauen:	35
Altersdurchschnitt der Patienten	67,2 Jahre

Nr	s	a	D.m.	Klin.Sympt.	USD-Befund		VVP-Befund		MF	W
					re	li	re	li		
1	w	70	8	li.Fuß kühl	II	AVK	II	o AVKIII/IV	1	-
2	w	77	1/24	keine	o	o	o	o	1	-
3	w	74	3	keine	o	o	o	o	1	-
4	w	71	2	keine	II	II	III/IV	bds	1	-
5	m	73	10	cutis marmorata	I	I	III/IV	II	1	-
6	m	72	12	Beine kälteempfindl.	o	o	o	o	1	-
7	w	61	19	subj.kalte Beine	o	o	o	o	1	-
8	w	76	1/24	keine	III	III	I	III/IV	1	-
9	w	73	5	keine	II	II	III/IV	I	1	-
10	w	87	10	keine	I	I	o	o	1	-
11	w	51	6	keine	o	o	o	o	1	-
12	w	65	neu	Kribbeln li.Bein	II	II	I	o	1	-
13	w	79	neu	Kribbeln bds.	o	o	o	o	1	-
14	w	60	12	re.Bein kalt	II	II	III/IV	bds	1	-
15	w	53	5	keine	II	II	II	II	1	-
16	m	69	5	Ulcus crur.re.	o	o	I	III/IV	1	-
17	m	61	8	re.Bein subj.kalt	I	o	o	I	1	-
18	m	71	10	Amput.Dig.1 re,Ulcera	IV	IV	III/IV	bds	1	-
19	m	60	10	keine	o	o	o	III/IV	1	-
20	w	77	14	re.Bein kühl	o	o	o	o	1	-
21	w	83	ca10	keine	o	IIb	II	o	1	ja
22	w	73	7	gel.Kribbeln bds.	o	o	I	o	1	ja
23	w	69	6	Kribbeln bds.	o	I	o	o	1	-
24	m	68	15	Nekrosen u.Wunden bds	o	o	I	o	1	-
25	m	81	5	keine	o	o	o	o	1	-
26	m	59	2	Wadenkrämpfe bds.	o	o	o	o	1	ja
27	m	43	1/6	livide Haut bds.	o	o	o	o	1	ja
28	w	45	1	keine	o	o	II	II	1	-
29	m	33	9	keine	o	o	o	o	2	-
30	w	89	10	Ulcus cruris re.	o	o	I	o	2	-
31	w	76	20	Kribbeln	o	o	o	o	2	ja
32	m	75	25	diab.Neuropathie	I	I	o	o	2	-
33	m	50	7	keine	o	o	o	o	2	ja
34	w	60	neu	keine	o	o	o	o	2	-

Fortsetzung

35	w	79	-	Zyanose bds.	II	II	III/IV I	2	ja
36	w	76	-	keine	o	o	o o	2	ja
37	m	60	-	keine	o	o	o o	2	ja
38	m	39	-	keine	o	o	o o	2	ja
39	w	71	30	Parästhesien bds.	II	II	III/IV bds	2	ja
40	w	76	-	Parästhesien bds.	o	o	II I	2	-
41	w	79	-	keine	o	o	o o	2	-
42	w	75	-	keine	o	o	o o	2	ja
43	w	75	-	keine	o	o	o II	2	-
44	w	78	9	keine	o	o	o o	2	-
45	w	67	-	keine	o	o	o o	2	-
46	w	46	6	Parästhesien bds.	o	o	o o	2	-
47	w	67	15	Zyanosen li.	o	o	I o	2	-
48	w	87	17	keine	II	II	III/IV bds	2	-
49	w	71	20	keine	o	o	o o	2	-
50	w	71	-	Zynosen li.	o	o	o o	2	-
51	m	20	-	keine	o	o	o o	2	ja

D Überblick über die Ergebnisse

1.) Vergleich zwischen Klinik und Plethysmografieergebnis
Tabelle 1 und Abbildung 3 zeigen, inwieweit die Ergebnisse der plethysmografischen Messungen mit den durch Beschwerdesymptomatik ermittelten klinischen Stadien der Durchblutungsstörungen übereinstimmen.

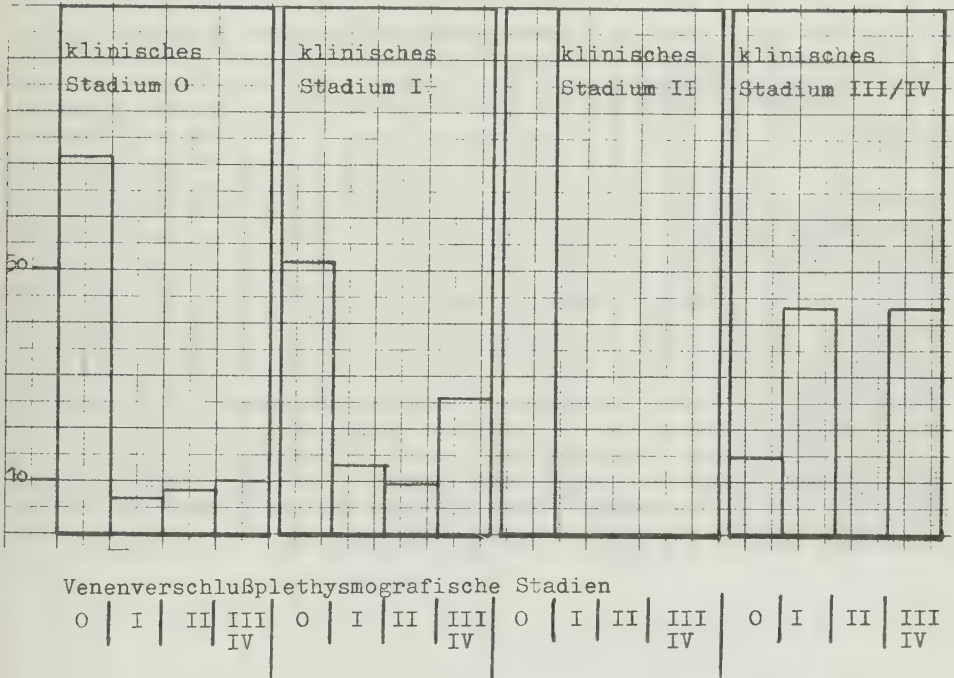
klinisches Stadium	Anzahl n Patienten	Venenverschlußplethysmograf. Stadium				
		0	I	II	III/IV	ohne
0	60	71,7 % (n=43)	6,7 % (n=4)	8,3 % (n=5)	10 % (n=6)	3,3 % (n=2)
I	31	51,6 % (n=16)	12,9 % (n=4)	9,7 % (n=3)	25,8 % (n=8)	---
II	A:2	100 % (n=2)	0 % (n=0)	0 % (n=0)	0 % (n=0)	---
	B:2	100 % (n=2)	0 % (n=0)	0 % (n=0)	0 % (n=0)	---
III/IV	7	14,3 % (n=1)	42,9 % (n=3)	0 % (n=0)	42,9 % (n=3)	---

Tabelle 1: Vergleich zwischen klinischem Stadium nach Fontaine und dem Plethysmografieergebnis (Spitzenfluß)
(Überprozente durch Runden)

Es zeigt sich, daß 21 Beine (20,6 %) trotz teils erheblicher Beschwerden und eindeutiger Hinweise auf arterielle Verschlußkrankheit plethysmografisch unauffällig blieben.

Mit dem Schweregrad der klinischen Symptomatik nimmt die Anzahl der Meßergebnisse zu, die auf eine Verminderung der Beindurchblutung schließen läßt, wenn die Ergebnisse auch

häufig nicht mit dem klinischen Schweregrad korrelieren.
Im Stadium III/IV besteht eine große Diskrepanz zwischen
klinischem Bild und dem Meßergebnis.



Auf der Ordinate ist die Verteilung in % aufgetragen.

Abbildung 3: Verteilung der Plethysmografie-(Spitzenfluß-
werte) in den einzelnen klinischen Stadien
nach Tab.1

Nr	RF		FF		PF		PFT		AZ		VVP		USD	
	re	li	re	li	re	li	re	li	re	li	re	li	re	li
1	3	1,5	15,9	0,3	15,9	5,8	15	26	76	60	0	III/IV	II	II
2	7,2	6	25,4	42	30	42	26	14	70	120	0	0	0	0
3	5,9	3,5	20,7	8,8	20,7	19,1	14	19	45	55	0	0	0	0
4	0,2	1,4	6,2	4,1	6,2	4,1	15	15	50	30	III/IVbds	II	II	
5	0,5	2,6	4,9	4,4	4,1	8,1	15	16	45	65	III/IV-II	I	I	
6	3,8	3,7	13,9	27,2	15,7	27,2	25	15	55	1400	0	0	0	0
7	1,2	1,5	13,9	12,8	13,9	12,8	15	15	100	950	0	0	0	0
8	2,8	2	0,3	1,1	11,8	1,1	15	9	90	11	III/IV	III	bds	
9	0	2,7	6,7	11,1	6,7	11,1	16	15	100	105	III/IV-I	II	bds	
10	4,2	3,9	9,2	9,8	13,3	12,6	36	24	80	1000	0	I	I	
11	4	3,3	32,2	22,6	32,2	22,6	15	14	100	800	0	0	0	0
12	3,4	2,2	1,2	12,4	10,3	12,4	15	15	40	50	I	0	II	II
13	2	6,1	4,9	17,9	13,4	17,9	25	15	55	60	0	0	0	0
14	1,4	2	0,4	3,8	1,6	3,8	34	15	60	20	III/IVbds	II	bds	
15	1,9	4,4	3,4	6,5	9,2	9,3	26	26	80	110	II bds	II	bds	
16	3,5	0,8	4,2	2,2	10	2,5	15	25	60	35	I III/IV	II	bds	
17	5,7	3	2	2,9	25	10,7	26	26	80	74	0	I	I	0
18	0,5	2	1,2	3,4	3	4	36	15	60	60	III/IVbds	IV	bds	
19	1,4	-	21,3	6	21,3	6	15	16	60	-	0 III/IV	0	0	
20	2,3	2,5	2,6	19,7	26	19,7	15	16	90	80	0	0	0	II
21	1,1	1,4	7,1	19,8	7,1	19,8	16	15	50	70	II	0	0	II
22	0,4	2,7	10,3	13,9	10,3	13,9	16	16	60	55	I	0	0	0
23	8	11,7	14,6	25	14,6	25	15	16	70	45	0	0	0	I
24	1,7	7,5	10,2	15,2	11,1	15,2	25	15	60	35	I	0	0	0
25	5,3	-	15	-	15	-	15	-	25	-	0	-	0	-
26	2,5	4,2	32	21,1	32	21,2	15	15	70	800	0	0	0	0
27	0	0,1	17,3	16,2	22,1	16,2	26	16	115	600	0	0	0	0
28	2,4	1,7	9,1	8	9,1	8	15	15	75	25	II	II	0	0
29	0,2	1,6	12,5	13,3	16,6	17,2	25	26	70	900	0	0	0	0
30	3,5	0,9	9,2	20,8	10,7	20,8	56	16	65	100	I	0	0	0
31	0	1	20,8	24,1	20,8	24,1	15	15	80	100	0	0	0	0
32	2,2	5,6	-	6,5	14	17,3	15	15	80	80	0	0	I	I
33	8,5	9,5	31,2	27	42,7	31,1	24	26	90	80	0	0	0	0
34	4,8	4,8	21,1	24,6	21,1	24,6	15	15	80	45	0	0	0	0
35	2,6	1,5	3,4	8,4	6,1	10,2	41	40	100	100	III I	II	II	II
36	4,9	3,7	4,9	5,8	29,4	36,7	15	15	80	700	0	0	0	0

37	1,1	1,9	7,5	18,2	23	18,2	15	15	^7o	^7o	o	o	o	o
38	4,7	5,3	12,2	29,3	30,8	29,3	25	14	^8o	^8o	o	o	o	o
39	2,7	1,3	5,6	4,1	6	4,2	25	25	6o	6o	III/IVbds	II	bds	
40	4,4	3,5	7,5	10,1	7,5	11,6	15	27	45	^9o	II	I	o	o
41	9,4	14,3	21	17,4	21	23,2	15	26	8o	55	o	o	o	o
42	1,6	1,4	16,8	14,7	17,1	14,7	26	16	7o	^4o	o	o	o	o
43	2,6	2,6	19,7	9,5	2o	9,5	25	15	^8o	^6o	o	II	o	o
44	1,5	5,2	-	16	12	16,1	25	15	35	3o	o	o	o	o
45	o,7	2,9	-	15,2	-	15,2	-	15	-	^6o	-	o	-	o
46	1,8	2,3	16,2	16,8	16,2	16,8	15	15	6o	6o	o	o	o	o
47	1,6	4,5	2o,1	9,2	2o,1	10,3	15	35	^8o	^1oo	o	I	o	o
48	1,5	o,4	2,9	o,4	3,7	1,8	25	57	^	^	III/IVbds	II	bds	
49	4,4	1,1	17,1	13,7	17,1	18	15	26	45	^8o	o	o	o	o
50	2,1	4,2	25,5	35,2	26,2	37,4	25	25	^7o	^8o	o	o	o	o
51	2,2	2,5	1o,1	4,7	23,7	12,5	26	25	1oo	8o	o	o	o	o

Tabelle 2: Überblick über alle Meßwerte am proximalen Meßfühler bei allen Patientenbeinen

Erläuterungen: Nr = Laufende Patientennummer

re = rechtes Bein

li = linkes Bein

RF = Ruhefluß (Mittelwert aus 3 Messungen)

FF = Erstfluß nach 3-minütiger Ischämie

PF = Spitzenfluß nach 3-minütiger Ischämie

PFT = Spitzenflußzeit nach 3-minütiger Ischämie

AZ = Abklingzeit nach 3-minütiger Ischämie

VVP = aus dem Spitzenfluß ermitteltes Plethysmografiestadium

USD = Dopplersonografisch ermitteltes Stadium

^ = Abklingzeit liegt unmessbar weit über der angegebenen Zeit

^^ = Abklingzeit nicht mehr erfaßbar

Die Korrelation zwischen

- Ruhefluß und Spitzenfluß beträgt 0,45 mit n = 99 und $r_{\max} = 0,303$

- Spitzenfluß und Spitzenflußzeit -0,2 mit n = 100 und $r_{\max} = 0,303$

2.) Vergleich zwischen dopplersonografisch und verschlußplethysmografisch gewonnenen Ergebnissen

Die Tabelle 2 gibt einen Überblick über die, für die Beurteilung des Vergleichs zwischen dopplersonografischem und plethysmografischem Ergebnis notwendigen Zahlenwerte. (Hierbei ist zu beachten, daß die Messungen Nr. 25 (li) wegen eines Gerätedefektes und Nr. 45 (re) wegen eines Angina pectoris - Anfalls des Patienten für die folgenden Wertungen nicht herangezogen wurden.)

Abbildung 4 zeigt, unter Zugrundelegung der Doppler-Ergebnisse in Kombination mit dem klinischen Status der Durchblutung als wahren Wert für die Graduierung der Arteriellen Verschlusskrankheit, im Überblick die Verteilung der Plethysmografieergebnisse in den einzelnen Verschlussgruppen.

Es wird deutlich, daß im "gesunden" Bereich und im Bereich der Stadien III und IV am ehesten eine Korrelation zwischen plethysmografischer Messung und wahren Durchblutungswert besteht.

Es zeigt sich wiederum, daß mit Zunahme der Gefäßobliteration die plethysmografischen Indizien für einen Verschluss, wenn auch in sehr großen Streubereichen, ansteigen. Jedoch wurde hier nur der Spitzenfluß zur Verschlussklassifizierung herangezogen.

Auf Grund der Ergebnisse aus Tabelle 2 läßt sich erkennen, daß die Plethysmografie in 50 bis 70 % der Fälle das genaue Verschlussstadium als Meßergebnis liefert, und daß bei klinisch manifestem Verschluss (d.h. Stadien II, III und IV) in 80 bis 100 % der Fälle zumindest ein sicherer Anhalt für obliterierende Gefäßprozesse gegeben wird.

In 16,6 % werden falsch-pathologische Blutflußwerte nach Ischämie geliefert.

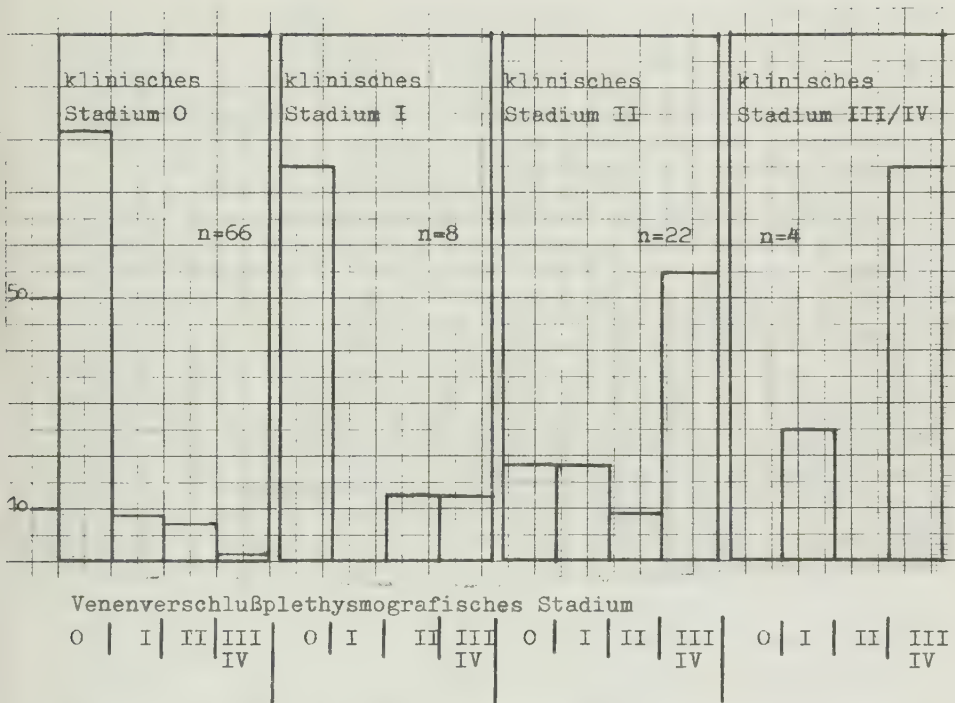


Abbildung 4: Durch Klinik und Ultraschall-Dopplersonografie gewonnenes Stadium in Verbindung mit dem durch Spitzenfluß (proximal) festgelegten Plethysmografiewert und Verteilung der Meßwerte in den festgestellten Stadien

Auf der Ordinate sind die Verteilungen in % aufgetragen.

3.) Intraindividuelle Schwankungen bei Wiederholungsmessung

Nach Tabelle 3 konnte nach Wiederholung der Messungen in 33 % eine Veränderung des Verschlusstadiums beobachtet werden, die in etwa 60 % mehrere Gradstufen betrug. Zum Überblick über die Veränderung des Spitzenflusses bei der 2. Messung im Vergleich zur ersten sei Tab. 4 angefügt.

Nach Tab. 3 zeigt sich in

- ca 80 % der Fälle eine Änderung des Erstflusses zum ersten Wert um über 5 %,
- ca 80 % der Fälle eine Änderung des Spitzenflusses zum ersten Wert um über 5 %, und in
- ca 30 % der Fälle eine Änderung der Spitzenflußzeit um über 5 % zum ersten Wert.

Der Ruhefluß schwankt in Maßen, die eine Verwertung der Meßwerte nicht ermöglichen.

Tab. 5 erfaßt die Mittelwerte für den Ruhefluß in den einzelnen Stadien, an der Wade gemessen.

Nr	RF		FF		PF		PFT		AZ		VVP		USD
	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	
36r	4,9	0,8	4,9	18,9	29,4	18,9	15	15	^85	55	0	0	0
36l	3,7	2,6	5,8	4,8	36,7	32,1	15	25	^70	^90	0	0	0
37r	1,1	3,5	7,5	30,3	23	30,3	15	15	^70	90	0	0	0
37l	1,9	1,4	18,2	24,2	18,2	24,2	15	15	^70	^80	0	0	0
38r	4,7	10,6	12,2	24,2	30,8	35,9	25	27	^80	100	0	0	0
38l	5,3	7,5	29,3	18,1	29,3	21,2	14	25	^80	90	0	0	0
33l	9,5	3,9	27	13,3	31,1	26,5	26	24	80	140	0	0	0
33r	8,5	5,8	31,2	33,8	42,7	33,8	24	25	^90	^90	0	0	0
27l	0,1	0,5	16,2	15,4	16,2	15,4	16	15	^60	55	0	0	0
27r	0	0,6	17,3	21,2	22,1	21,2	26	15	115	60	0	0	0
35r	2,6	2,6	3,4	4,2	6,1	5	41	35	100	90	III/IVbdo		
21l	1,4	4,9	19,8	8,8	19,8	8,8	15	16	^70	50	0	II	II
21r	1,1	2,3	7,1	10,3	7,1	10,3	16	16	50	44	II	I	0
22l	2,7	1,1	13,9	8,2	13,9	8,2	16	15	55	40	0	II	0
26r	2,5	1	32	13,7	32	13,7	15	15	^70	^60	0	0	0
26l	4,2	1	21,1	19,2	21,2	19,2	15	15	^80	^60	0	0	0
31r	0	1,6	20,8	30,1	20,8	30,1	15	15	^80	^90	0	0	0
31l	1	1,4	24,1	29,9	24,1	29,9	15	15	^100	^90	0	0	0
42r	1,6	1,8	16,8	15,1	17,1	15,1	26	15	70	^60	0	0	0
42l	1,4	0,2	14,7	8,8	14,7	8,8	16	16	^40	80	0	II	0
22r	0,4	0,5	10,3	7,3	10,3	7,3	16	16	^60	55	I	II,	0
35l	1,5	6,1	8,4	3,1	10,2	16,5	40	45	^100	^80	I	0	II
39r	2,7	6,1	5,6	10,8	6	12,9	25	25	60	70	III/IV		II
39l	1,3	2,5	4,1	8,4	4,2	10,3	25	25	60	^90	III/IV		III

Tabelle 3: Meßwerte aller Zweifachmessungen zur Prüfung der intraindividuellen Meßwertkonstanz

Erläuterungen: Nr = Fortlaufende Patientennummer

alle Werte in	RF = Ruhefluß (1.=erster Wert, 2.=zweiter Wert)
ml	FF = Erstfluß, PF = Spitzenfluß, PFT = Spitzenflußzeit, AZ = Abklingzeit, VVP = Plethysmografisches Stadium, USD = Ultraschall-Stadium
100ml x min	

alle Zeiten in sec

Nr	erster Spitzenfluß	zweiter Spitzenfluß	Plethysmografie- Stadienänderung	
			von	nach
36r	29,4	18,9	-	-
36l	36,7	32,1	-	-
37r	23	30,3	-	-
37l	18,2	24,2	-	-
38r	30,8	35,9	-	-
38l	29,3	21,2	-	-
33l	31,1	26,5	-	-
33r	42,7	33,8	-	-
27l	16,2	15,4	-	-
27r	22,1	21,2	-	-
35r	6,1	5	-	-
21l	19,8	8,8	o	II
21r	7,1	10,3	II	I
22l	13,9	8,2	o	II
26r	32	13,7	-	-
26l	21,2	19,2	-	-
31r	20,8	30,1	-	-
31l	24,1	29,9	-	-
42r	17,1	15,1	-	-
42l	14,7	8,8	o	I
22r	10,3	7,3	I	II
35l	10,2	16,5	I	o
39r	6	12,9	III/IV	o
39l	4,2	10,3	III/IV	I

Tabelle 4: Intraindividuelle Abweichung von Meßergebnissen
(Spitzenflußwerte) bei Wiederholungsmessung

Erläuterungen: Nr = Fortlaufende Patientennummer

alle Meßwerte in $\frac{\text{ml}}{100\text{ml} \times \text{min}}$

Verschluss- stadium	Mittel- wert *	Anzahl n Patienten	Mittel- wert *	Anzahl n Patienten
	MESSWERTE/WADE		MESSWERTE/KNÖCHEL	
O	3,4	66	1,2	35
I	4,6 (!)	8	2,6	2
II	1,9	22	0,4	6
III/IV	1,8	4	-	-

Tabelle 5: Ruheflußwerte in $\frac{\text{ml}}{100\text{ml} \times \text{min}}$ an Wade(Proximal) und Knöchel in den einzelnen Stadien; der Knöchelwert ist der distal abgegriffene Wert

Patientennummer	erster Ruheflußwert	zweiter Ruheflußwert
36r	4,9	0,8
27l	0,1	0,5
35r	2,6	2,6
26l	4,2	1
31r	0	1,6
42l	1,4	0,2
22r	0,4	0,5
39r	2,7	6,1

Tabelle 6: Beispiele intraindividueller Ruheflußkonstanz/Inkonstanz bei ausgewählten Patienten aus Tab.3

Meßwerte in $\frac{\text{ml}}{100 \text{ ml} \times \text{min}}$

4.) Beobachtung einzelner Parameter der Messungen in den einzelnen Stadien

Nochmals soll kurz auf den Ruhefluß eingegangen werden: Die genaue Darstellung der Ruheflußwerte ergibt nämlich Werte-Schwankungen in einem Bereich, der durch den höchsten Wert mit 11,7 (ml:100 ml x min) und dem niedrigsten Wert mit 0,0 (ml:100 ml x min) abgegrenzt wird. Die größten Schwankungen bei Wiederholungsmessung betrugen also 100 bis 700 %.

In Tabelle 6 sind einige ausgewählte Schwankungen aus den Meßreihen der Wiederholungsmessungen zitiert.

Erstfluß

Neben dem Spitzenfluß und der Spitzenflußzeit kann auch der Erstfluß zur Diagnostik herangezogen werden. Es besteht ein erkennbarer Zusammenhang zwischen dem Erstflußwert und dem Grad der arteriellen Obliteration, der es ermöglicht, für die Routineuntersuchung die in Tab.7 angegebenen Richtwerte zu empfehlen.

Stadium	Erstfluß	Spitzenfluß	Spitzenflußzeit	Erstfluß	Spitzenfluß	Spitzenflußzeit
0	≥ 15	≥ 15	≤ 20	≥ 3	≥ 3	≤ 20
I	8 - 10	10-15	≤ 20	≥ 2	≤ 3	20
II	6-8	7-10	≥ 20	≤ 1	≤ 1,5	≥ 20
III/IV	1-6	1-6	≥ 30	≤ 1	-	≥ 20
PROXIMALE MESSWERTE				DISTALE MESSWERTE		

Tabelle 7: Verschlussstadium und dazugehöriger Plethysmografiewert nach eigenen Untersuchungen

Meßwerte in $\frac{\text{ml}}{100 \text{ ml x min}}$, Zeiten in sec

Zur genaueren Beurteilung ist in Tabelle 8 die Korrelation zwischen dem Erstfluß einerseits und der sonografisch gemessenen Druckdifferenz zwischen Systemdruck und dem Mittelwert der beiden peripheren Beindrücke andererseits wiedergegeben. Hierbei ist zu beachten, daß die errechneten Druckdifferenzen teils negative, teils positive Vorzeichen tragen. Dies ist mit dem Normalfall zu erklären, in dem der periphere Druck um etwa 10 - 20 mmHg höher ist, als der systemische (Negative Differenz). Liegt im pathologischen Druckstatus eine Druckdifferenz vor, bei der der periphere Druck im Vergleich zum systemischen erniedrigt ist, erhält die Druckdifferenz definitionsgemäß ein positives Vorzeichen.

Es ergibt sich ein Korrelationskoeffizient von $-0,36$, der eine schlechte Korrelation zwischen dem Anstieg des Erstfluß und dem gleichzeitigen Absinken der Druckdifferenz (systemisch - peripher) anzeigt. (Wachsenden Erstflußwerten sind also abnehmende Druckdifferenzen zugeordnet (s.o.)) Die Austestung des Korrelationskoeffizienten ergibt eine Sicherung der Korrelation.

Der Spitzenfluß nach Ischämie korreliert gut mit dem Verschlußstadium. Die vorliegenden Zahlen erlauben die in Tab. 7 angegebenen Richtwerte.

Die Korrelation zwischen dem Spitzenfluß und der schon erwähnten Druckdifferenz (systemisch/peripher) beträgt $-0,4$. Die Korrelation ist statistisch gesichert.

Die Spitzenflußzeit ist ein sehr inkonstanter Parameter, der außerdem nicht mit der Ultraschall-Dopplerdruckdifferenz korreliert. Bei $n = 86$ beträgt die Korrelation $0,06$ (Tab. 9).

Kein Zusammenhang besteht zwischen Spitzenfluß und Spitzenflußzeit.

Die Abklingzeit korreliert nicht mit den sonografischen Druckdifferenzen. ($r = 0,018$)

Damit variiert dieser Parameter unabhängig vom Verschlußstadium. Dies wird bestätigt durch die gemessenen Abklingzeiten (Tab. 10)

NR	FF	PF	Psys	Mwp	Pdiff	NR	FF	PF	Psys	Mwp	Pdiff
1r	15,9	15,9	170	130	40	11	0,3	5,8	170	110	60
2r	-	-	-	-	-	21	-	-	-	-	-
3r	20,7	20,7	150	165	-15	31	8,8	19,1	150	170	-20
4r	6,2	6,2	190	88	102	41	4,1	4,1	190	240	-50
5r	-	-	-	-	-	51	-	-	-	-	-
6r	13,9	15,7	150	125	25	61	27,2	27,7	150	155	-5
7r	13,9	13,9	150	170	-20	71	12,8	12,8	150	192	-42
8r	0,3	11,9	175	100	75	81	1,1	1,1	175	70	105
9r	-	-	-	-	-	91	-	-	-	-	-
10r	9,2	13,3	180	115	65	101	9,8	12,6	180	85	95
11r	32,2	32,2	180	170	10	111	22,6	22,6	180	175	5
12r	1,2	10,3	175	65	110	121	12,4	12,4	175	175	0
13r	4,9	13,4	160	190	-30	131	17,9	17,9	160	170	-10
14r	-	-	235	-	-	141	-	-	235	-	-
15r	3,4	9,2	100	110	-10	151	6,5	9,3	100	140	-40
16r	4,2	10	175	0	75	161	2,2	2,5	175	40	135
17r	2	25	140	145	-5	171	2,9	10,7	140	140	0
18r	1,2	3	150	0	150	181	3,4	4	150	155	-5
19r	21,3	21,3	190	200	-10	191	6	6	190	60	30
20r	26	26	185	190	-5	201	19,7	19,7	185	110	75
21r	7,1	7,1	160	155	5	211	19,8	19,8	160	160	0
22r	10,3	10,3	170	150	20	221	13,9	13,9	170	197	-27
23r	14,6	14,6	95	0	95	231	25	25	95	50	45
24r	10,2	11,1	140	145	-5	241	15,7	15,2	140	200	-60
25r	15	15	110	85	25	251	-	-	-	-	-
26r	32	32	150	153	-3	261	21,2	21,2	150	153	-3
27r	17,2	22,1	145	170	-25	271	16,2	16,2	145	145	0
28r	9,1	9,1	190	185	5	281	8	8	190	175	15
29r	12,5	16,6	110	145	-35	291	13,3	17,2	110	150	-40
30r	9,2	10,7	145	100	45	301	20,8	20,8	145	110	35
32r	-	-	130	üb130	-	321	-	-	130	üb130	-
31r	20,8	20,8	200	210	-10	311	24,1	24,1	200	205	-5
33r	31,2	42,7	130	145	-15	331	27	31,1	130	145	-15
34r	21,1	21,1	120	150	-30	341	24,6	24,6	120	143	-23
35r	3,4	6,1	145	140	5	351	8,4	10,2	145	145	0
36r	4,9	29,4	150	163	-13	361	5,8	36,7	150	170	-20

Fortsetzung											
37r	7,5	23	90	120	-30	37l	24,2	18,2	90	140	-50
38r	24,3	30,8	120	150	-30	38l	18,1	29,3	120	150	-30
39r	5,6	6	160	105	55	39l	4,1	4,2	160	135	25
40r	7,5	7,5	95	130	-35	40l	10,1	11,6	95	140	-45
41r	21	21	140	145	-5	41l	17,4	23,2	140	145	-5
42r	16,8	17,1	170	175	-5	42l	14,7	14,7	170	175	-5
43r	19,7	20	140	155	-15	43l	9,5	9,5	140	145	-5
44r	-	12	190	170	20	44l	16	16,1	190	170	20
45r	-	-	170	205	-	45l	15,2	15,2	170	190	-20
46r	16,2	16,2	130	135	-5	46l	12,3	16,8	130	150	-20
47r	20,1	20,1	150	180	-30	47l	19,2	10,3	150	180	-30
48r	2,9	3,7	170	± 150	-	48l	0,4	1,8	170	± 150	-
49r	17,1	17,1	220	210	10	49l	13,7	18	220	205	15
50r	25,5	26,2	150	145	5	50l	35,2	37,4	150	205	-55

Tabelle 8: Korrelation r zwischen Erstfluß,Spitzenfluß
(beide proximal) und der Ultraschall-Doppler-
sonografischen Druckdifferenz systemisch zu
Mittelwert peripher

Erläuterungen:NR = Fortlaufende Nummer der Patienten

FF = Erstfluß,PF = Spitzenfluß,

Psys = systemischer Blutdruck

MWp = Mittelwert der peripheren,systol.Drucke

Pdiff = Dopplerdruckdifferenz syst.zu peripher

alle Werte in	Korrelationen:Erstfluß - Druckdiff.: -0,36,n=85
$\frac{\text{ml}}{100\text{ml} \times \text{min}}$	Spitzenfluß - Druckdiff.: -0,4,n=86

Stadium	Mittelwert Abklingzeit	<u>Tabelle 10:</u> Sonografisches Stadium und Abklingzeit
0	62,8 sec (n = 32)	
I	64,9 sec (n = 6)	
II	48,9 sec (n = 18)	
III/IV	60 sec (n = 2)	

Nebenbei sei angemerkt, daß für die o.g. Berechnungen und Beobachtungen nur ein Teil (47 %) der Kurven in Hinblick auf die Abklingkeit untersucht werden konnte, da die Abklingreaktion entweder sehr lange, oder wie in den meisten Fällen, vorallem gegen Schluß der Messung paradox verlief: Nach Erreichen des Ruhewertes nach der Ischämie-Kompensation wurde dieser wegen eines nochmaligen Anstiegs des messbaren Blutflusses überschritten, sodaß die primär angenommene Abklingzeit dadurch unbrauchbar wurde. Oftmals gelang es auch nicht, eindeutige Abklingzeitwerte durch Interpolation zwischen zwei Zeiten (einer über dem Ruheflußwert, einer bereits unter dem Ruheflußwert) durchzuführen, da die Ruheflußschwankungen zu hoch waren, um das Ende der Abklingzeit genau zu definieren.

NR	PFT	AZ	Pdiff	USD	NR	PFT	AZ	Pdiff	USD
1r	15	76	40	II	11	26	60	60	II
2r	26	70	-	-	21	14	120	-	-
3r	14	45	-15	o	31	19	55	-20	o
4r	15	50	102	II	41	15	30	-50	II
5r	15	45	-	-	51	16	65	-	-
6r	25	55	25	o	61	15	^140	-5	o
7r	15	^100	-20	o	71	15	95	-42	o
8r	15	^90	75	III	81	9	^^	105	III
9r	16	^100	-	-	91	15	105	-	-
10r	26	80	65	I	101	24	^100	85	I
11r	15	^100	10	o	111	14	^80	5	o
12r	15	40	110	II	121	15	50	o	II
13r	25	55	-30	o	131	15	^60	-10	o
14r	34	60	-	-	141	15	20	-	-
15r	26	80	-10	II	151	26	^110	-40	II
16r	15	60	25	-	161	25	35	35	-
17r	26	^80	-5	I	171	26	74	o	o
18r	36	60	150	IV	181	15	60	-5	III/IV
19r	15	60	-10	o	191	16	-	30	o
20r	15	^90	-5	o	201	16	^80	75	II
21r	16	50	5	o	211	15	^70	o	II
22r	16	^60	20	o	221	16	55	-25	o
23r	15	70	95	o	231	16	45	45	I
24r	25	^60	-5	o	241	15	35	-60	o
25r	15	25	25	o	251	-	-	-	-
26r	15	^70	-3	o	261	15	^80	-3	o
27r	26	115	-25	o	271	16	^60	o	o
28r	15	75	5	o	281	15	25	5	o
29r	25	^70	-35	o	291	26	^90	-40	o
30r	56	65	45	o	301	16	^100	35	o
31r	15	^80	-10	o	311	15	^100	-5	o
32r	15	^80	-	-	321	15	80	-	-
33r	24	-	-15	o	331	26	80	-15	o

Fortsetzung									
34r	15	80	-30	o	34l	15	45	-23	o
35r	41	100	105	II	35l	40	^100	o	II
36r	15	^80	-13	o	36l	15	^70	-20	o
37r	15	^70	-30	o	37l	15	^70	-50	o
38r	25	^80	-30	o	38l	14	^80	-30	o
39r	25	60	55	II	39l	25	60	25	II
40r	15	45	-35	o	40l	27	^90	-45	o
41r	15	80	-5	o	41l	26	55	-5	o
42r	26	70	-5	o	42l	16	^40	-5	o
43r	25	^80	-15	-	43l	15	^60	-5	o
44r	26	35	20	o	44l	15	30	20	o
45r	-	-	-	-	45l	15	^60	-20	o
46r	15	60	-5	o	46l	15	60	-20	o
47r	15	^80	-30	o	47l	35	^100	-30	o
48r	25	^^	-	-	48l	27	^^	-	-
49r	15	45	10	o	49l	26	^80	15	o
50r	25	^70	5	o	50l	25	^80	-55	o

Tabelle 9: Zur Korrelation zwischen:

proximaler Spitzenflußzeit und der Ultraschall-Dopplerdruckdifferenz systemisch-peripher und proximaler Abklingzeit und o.g.Druckdifferenz

Korrelationskoeffizienten:

Spitzenflußzeit zu Druckdifferenz: 0,064, n=86 ($r_{\max}=0,336$)

Abklingzeit zu Druckdifferenz: -0,018, n=44 ($r_{\max}=0,463$)

Erläuterungen: ^ = Abklingzeit (in sec) größer als angegebener Wert

^^ = Abklingzeitwert nicht mehr erfaßbar

NR = Fortlaufende Patientennummer

PFT = Spitzenflußzeit

AZ = Abklingzeit

Pdiff = Ultraschall-Dopplerdruckdifferenz systemisch zu Mittelwert peripher

USD = Doppler-Stadium

Drucke in mmHg, Zeiten in sec

5.) Prüfung diagnostischer Möglichkeiten durch Anlegen zweier Meßfühler

Vorbemerkung:

Einen Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit stellt die Untersuchung der speziellen diagnostischen Möglichkeiten dar, die durch das Anlegen eines 2. Meßfühlers am Knöchel, also distal des üblichen Fühlers, gegeben sind. Da das Anlegen dieses Fühlers einen minimalen zeitlichen Mehraufwand bedeutet, lohnt es zu prüfen, ob der Vergleich der Ergebnisse des distalen Meßfühlers mit den anderen Plethysmographieparametern zusätzliche diagnostische Möglichkeiten in sich birgt. Eine Untersuchung des Ruheflusses wird nicht durchgeführt, weil alleine im Vergleich mit dem proximal gemessenen Ruheflußwert, wegen des bereits zu diesem Meßwert Gesagten, eine Verwertung nutzlos wäre.

In der Tabelle 11 sind alle relevanten Parameter aufgeführt und die interessierenden Korrelationen berechnet.

Einzelresultate:

Distaler Ruhefluß: Kein Zusammenhang zu den Meßwerten des distalen Spitzenflusses;

Distaler Erstfluß: Mit $r = -0,38$ verhält sich der Erstfluß nicht verwertbar zur Dopplerdruckdifferenz. Ebenfalls keine statistisch zu sichernde Korrelation besteht zwischen proximalem und distalem Erstfluß.

Distaler Spitzenfluß: Der Korrelationskoeffizient r zwischen den beiden Spitzenflußwerten (proximal und distal) beträgt, statistisch gesichert, $0,48$; somit kann ein Zusammenhang zwischen den beiden Spitzenflußwerten angenommen werden.

Der distale Spitzenfluß jedoch entspricht häufiger als der proximale dem wahren Blutflußstatus ($r_{\text{prox.}} = 0,4$, $r_{\text{dist.}} = 0,48$; jeweils absolut).

Deshalb können die in Tab. 12 angegebenen Orientierungs-

NR	FFo	PFO	FFu	PFu	PFTu	USD	VVP	RFu	Pdiff
29r	12,5	16,6	1	3,1	26	o	o	o	-35
29l	13,3	17,2	1	2,5	28	o	o	o	-40
34r	21,1	21,1	5,1	5,1	18	o	o	0,6	-30
34l	24,6	24,6	3,2	3,2	20	o	o	2,3	-23
45r	15,2	15,2	3,6	3,6	17	o	o	o	-20
44r	-	12	o	1	27	o	o	3,6	20
44l	16	16,1	o	1,8	25	o	o	3,9	20
49r	17,1	17,1	0,2	0,2	15	o	o	0,3	10
49l	13,7	18	2,1	2,1	15	o	o	0,1	15
31l	24,1	24,1	3,7	3,7	17	o	o	1,5	-5
42r	16,8	17,1	2,9	3,3	27	o	o	0,6	-5
36r	4,9	29,4	0,8	4,3	17	I	o	o	-13
30r	9,2	10,7	o	0,8	75	o	I	0,7	45
32l	6,5	17,3	4,1	4,1	15	I	o	2,9	-
32r	-	14	-	1,5	15	I	o	2,2	-
38r	12,2	30,8	3,1	5,7	17	o	o	o	-30
38l	29,3	29,3	5,9	6,6	26	o	o	0,5	-30
37l	18,2	18,2	4,3	6,3	26	o	o	1,1	-50
35l	1,4	10,2	0,3	1,6	50	II	I	0,1	0
46l	16,8	16,8	1,5	1,7	26	o	o	2,2	-20
46r	16,2	16,2	1,9	2,3	25	o	o	0,5	-30
41l	17,4	23,2	4,3	5,4	27	o	o	2,5	-5
30l	20,8	20,8	4,3	5	27	o	o	0,4	35
50r	25,5	16,2	1,1	1,1	15	o	o	o	5
39r	5,6	6	0,4	0,6	27	II	III IV	0,3	55
39l	4,1	4,2	0,9	1,4	27	II	III IV	1,6	25
41r	21	21	6	7,4	27	o	o	1,1	-5
50l	35,2	37,4	1,8	2,2	25	o	o	0,7	-55
42l	14,7	14,7	3	3,1	27	o	o	o	-5
43l	9,5	9,5	8,6	8,6	16	o	II	2,4	-5
35r	3,4	6,1	0,1	1,2	90	II	III IV	0,3	-
36l	5,8	36,7	0,6	6	17	o	o	o	-20
37r	7,5	23	3,8	9,6	17	o	o	0,9	-30
48r	2,9	3,7	0,1	1,2	26	II	III IV	o	-

Fortsetzung									
48l	0,4	1,8	0	0,3	58	II	III	0,1	-
40l	10,1	11,6	5,5	9	26	0	I ^{IV}	2,9	-45
40r	7,5	7,5	6,9	6,9	16	0	II	3,6	-35
33l	27	31,1	6,3	8,7	27	0	0	1,6	-15
33r	31,2	42,7	9,7	9,7	17	0	0	3,1	-30
31r	20,8	20,8	2,9	2,9	17	0	0	0,7	-10
47l	9,2	10,2	3,4	4,2	26	0	I	0,5	-30
47r	20,1	20,1	1,8	2,8	25	0	0	0	-30

Tabelle 11: Meßergebnisse am proximalen und distalen Meßfühler nach Tab.9

Erläuterungen:NR,USD,VVP,Pdiff siehe Tab.3

Drucke in
mmHg

FFo = proximaler Erstfluß

PFo = proximaler Spitzenfluß

FFu und PFu analog dazu distale Meßwerte

PFTu = Spitzenflußzeit,distal

RFu = Ruhefluß,distal

Werte in

$\frac{\text{ml}}{100\text{ml} \times \text{min}}$

Korrelationskoeffizienten:

Ruhefluß distal - Spitzenfluß distal :0,25,n=42

Spitzenfluß distal-Spitzenflußzeit distal :-0,34,n=42

Erstfluß distal - Erstfluß proximal :0,42,n=40

Spitzenfluß distal - Spitzenfluß proximal :0,48,n=42

Spitzenflußzeit distal - Spitzenfluß proximal :0,4,n=42

Spitzenflußzeit distal - Druckdifferenz :0,34,n=37

Erstfluß distal - Druckdifferenz :-0,38,n=37

Spitzenfluß distal - Druckdifferenz :-0,48,n=37

Stadium	Anzahl Patienten	Mittelwert	orientierender Richtwert	Tabelle 12: spezifische diagnostische Richtwerte für die distale Spitzenflußmessung
O	33	3,3	≥ 3	
I	3	3,3	≥ 1,5	
II	6	1,1	0,5 - 1,5	
III/IV	0	-	<0,5	
alle Werte in $\frac{\text{ml}}{100\text{ml} \times \text{min}}$				

werte zur weiteren Diagnostik benutzt werden; vergessen werden sollte nicht, daß die Zahl der Untersuchungen für dieses Ergebnis weitaus niedriger ist, als bei den Ergebnissen für den proximalen Spitzenfluß.

Distale Spitzenflußzeit: Der Korrelationskoeffizient zwischen Spitzenflußzeit distal und Druckdifferenz beträgt 0,34 und ist statistisch nicht zu sichern.

Ebenfalls statistisch uninteressant ist die Korrelation zwischen distaler Spitzenflußzeit und dem proximalen Spitzenfluß. Für die Spitzenflußzeit, distal gemessen, findet man die in Tab. 13 angegebenen Meßwerte. Orientierungswerte für Messungen sind ebenfalls dort zu entnehmen.

Stadium	Anzahl n Patienten	Mittelwert	orientierender Richtwert
O	33	23,9	≤ 20
I	3	15,7	≤ 20
II	6	46,3	≥ 20
III/IV	0	-	-

Tabelle 13: (nach Tab. 11) spezifische diagnostische Richtwerte für die distale Messung der Spitzenflußzeit in sec

Ein noch entscheidenderer Aspekt der Messung mit 2 Meß-
fühlern ist die Diagnostik der Lokalisation eines Ver-
schlusses oder stenosierenden Prozesses einer Arterie.
Deshalb soll mit Hilfe der Fälle, deren genaue Verschluß-
lokalisation bekannt ist, die Möglichkeit einer
Verschlußlokalisation und Beobachtung des Verhaltens
von Erstfluß, Spitzenfluß und Spitzenflußzeit des dis-
talen Meßfühlers in verschiedenen Stadien
untersucht werden.

Die Tabelle 14 gibt hierbei einen Überblick über die Fälle,
in denen der Verschluß genau dopplersonografisch lokali-
siert wurde. Ebenso finden sich dort die entsprechenden
Meßwerte.

Kurz sei zu den einzelnen Typen angemerkt:

Beckentyp: Distaler und proximaler Meßwert sind erniedrigt.

Die distale Spitzenflußzeit ist deutlich erhöht.

Oberschenkeltyp: Auch hier in allen Fällen am distalen Meß-
fühler eindeutige Hinweise; in 80 % Hinwei-
se durch den proximalen Meßfühler.

Unterschenkeltyp: Hinweise auf Verschlüsse durch den proxi-
malen Meßfühler in 45 %, durch den distalen
Fühler in 100 %.



AORTALER VERSCHLUSSTYP						
NR	FFo	PFo	FFu	PFu	PFTu	USD
BECKENTYP						
NR	FFo	PFo	FFu	PFu	PFTu	USD
14r	0,4	1,6	-	-	-	II
14l	3,8	3,8	-	-	-	II
35l	8,4	10,2	0,3	1,6	50	II
35r	3,4	6,1	0,1	1,2	90	II
48l	0,4	1,8	0	0,3	58	II OBERSCHENKEL-
NR	FFo	PFo	FFu	PFu	PFTu	USD ^{TYP}
5r	4,1	4,1	-	-	-	I
5l	4,4	8,1	-	-	-	I
9l	11,1	11,1	-	-	-	II
10r	9,2	13,3	-	-	-	I
18r	1,2	3	-	-	-	IV
18l	3,4	4	-	-	-	IV
23l	25	25	-	-	-	I
39r	5,6	6	0,4	0,6	27	II
48r	2,9	3,7	0,1	1,2	26	II
15r	3,4	9,2	-	-	-	II
15l	6,5	9,3	-	-	-	II
UNTERSCHENKELTYP						
NR	FFo	PFo	FFu	PFu	PFTu	USD
4r	6,2	6,2	-	-	-	II
4l	6,2	6,2	-	-	-	II
9r	6,7	6,7	-	-	-	II
10l	9,8	12,6	-	-	-	I
12r	1,2	10,3	-	-	-	II
12l	12,4	12,4	-	-	-	II
17r	2	25	-	-	-	I
20l	19,7	19,7	-	-	-	II
32r	-	14	-	1,5	-	I
32l	6,5	17,3	-	-	üb. 60	I
39l	4,1	4,2	0,9	1,4	27	II
MIKROANGIOPATHIE						
NR	FFo	PFo	FFu	PFu	PFTu	USD
6l	27,2	27,2	-	-	-	0

Tabelle 14: Verschlusslokalisation in der Venen-

verschlußplethysmografie

Erläuterungen: siehe Tab. 11

Alle Meßwerte in $\frac{\text{ml}}{100 \text{ ml} \times \text{min}}$

Die durchgeführten Untersuchungen erlaubten das Auffinden des Arterielle-Verschlußkrankheiten-Hinweisquotienten, kurz AVK-HQ.

Er errechnet sich sehr einfach aus dem Quotienten:

$$\frac{\text{proximaler Spitzenfluß}}{\text{distale Spitzenflußzeit}}$$

und hat folgenden Zahlenwert (dimensionslos):

Vorliegen einer Verschlußkrankheit des Beines: $\text{AVK-HQ} \leq 0,4$;

Kein Vorliegen einer Verschlußkrankheit : $\text{AVK-HQ} > 0,4$;

(Tab. 17)

Dieser Quotient zeichnet sich nach den vorliegenden Zahlenwerten durch hohe Zuverlässigkeit aus. (Tab. 16)

Die Lokalisation eines Verschlusses und den dazugehörigen Wert des AVK-HQ zeigt Tab. 17.

NR	FF	PF	PFT	USD
5r	4,9	4,1	15	I
5l	4,4	8,1	16	I
8r	0,3	11,8	16	II
8l	1,1	1,1	15	II
9l	11,1	11,1	15	I
10r	9,2	13,3	36	I
14r	0,4	1,6	34	II
14l	3,8	3,8	15	II
15r	3,4	9,2	26	II
15l	6,5	9,3	26	II
16r	4,2	10	15	II
16l	2,2	2,5	25	II
18r	1,2	3	36	IV
18l	3,4	4	15	IV
35r	3,4	6,1	41	II
35l	8,4	10,2	40	II
39r	5,6	6	25	II
48r	2,9	3,7	25	II
48l	0,4	1,8	57	II
23l	25	25	16	I

Tabelle 15: -Proximaler
Erstfluß
-Proximaler
Spitzenfluß
und -proximale
Spitzenfluß-
zeit
bei gesichertem Becken-
und/oder Oberschenkeltyp
und sonografisches Sta-
dium der Verschlußkrank-
heit

Erläuterungen: FF, PF, PFT und NR, sowie USD, siehe bitte Tab. 2,
Seite 15

Flußwerte in $\frac{\text{ml}}{100\text{ml} \times \text{min}}$, Zeiten in sec

NR	PFO	PFTu	AVK-HQ	USD	NR	PFO	PFTu	AVK-HQ	USD
33r	42,7	17	2,5	o	371	18,2	26	0,7	o
31r	20,8	17	1,2	o	351	10,2	50	0,2	II
471	10,3	26	0,4	o	461	16,8	15	0,6	o
47r	20,1	25	0,8	o	46r	16,2	25	0,6	o
29r	16,6	26	0,6	o	441	23,2	27	0,9	o
291	17,2	28	0,6	o	43r	20	26	0,8	o
34r	21,1	18	1,2	o	301	20,8	27	0,8	o
241	24,6	20	1,2	o	50r	26,2	15	1,7	o
451	15,2	17	0,9	o	39r	6	26	0,2	II
441	16,1	25	0,6	o	391	4,2	27	0,2	II
49r	17,1	15	1,2	o	41r	21	27	0,8	o
491	18	15	1,2	o	501	37,4	25	1,5	o
311	24,1	17	1,4	o	421	14,7	27	0,5	o
42r	17,1	27	0,6	o	431	9,5	16	0,6	o
36r	29,4	17	1,7	o	35r	6,1	90	0,1	II
30r	10,7	75	0,1	o	361	36,7	17	2,2	o
321	17,3	üb.60	0,3	I	37r	23	17	1,4	o
32r	14	15	1	I	48r	3,7	26	0,1	II
38r	30,8	17	1,8	o	481	1,8	58	0	II
381	29,3	26	1,1	o	401	11,6	26	0,4	o
40r	7,5	16	0,5	o	331	31,1	27	1,2	o

Tabelle 16: Der Arterielle Verschußkrankheiten-Hinweis-
Quotient (AVK-HQ) bei allen Patienten, deren
Flußwerte proximal und distal erfaßt wurden
n=42

Erläuterungen: alle Flußwerte in $\frac{\text{ml}}{100\text{ml} \times \text{min}}$, alle Zeiten in sec

NR, PFO, PFTu, USD, siehe Tabelle 11

AVK-HQ = Verschußkrankheitenhinweisquotient

Eine Arterielle Verschlusskrankheit liegt vor,
wenn der AVK-HQ $\leq 0,4$ ist.

Keine Verschlusskrankheit liegt vor, wenn der
AVK-HQ größer als 0,4 ist.

Schema zur Lokalisation eines arteriellen Verschlusspro-
zesses mittels AVK-HQ;
Vorgehensweise

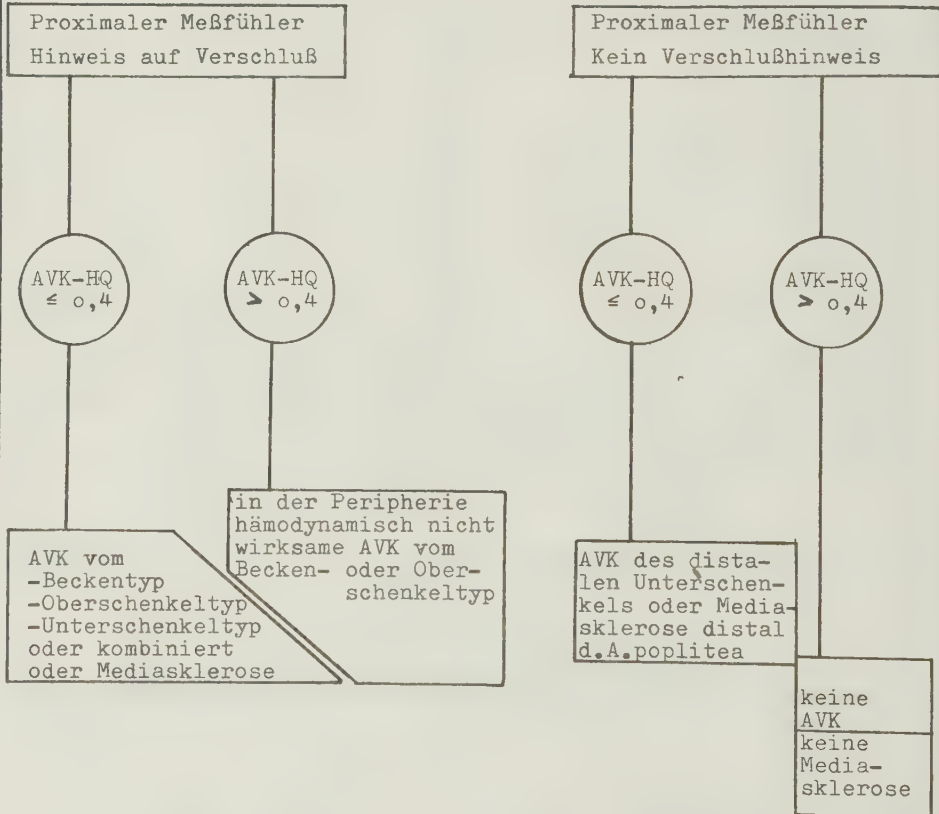


Tabelle 17: Der AVK-Hinweisquotient

E Diskussion

Die Venenverschlußplethysmografie, zur arteriellen Diagnostik angewandt, verlangt einem qualifizierten Untersucher etwa 1 Stunde Zeitaufwand pro Messung beider Beine ab.

Dabei ist sie von Störeinflüssen, wie

- Bewegungen der gemessenen Extremitäten (Kurven teilweise zu verwerfen)
- Temperatur (Erhöhung der Zimmertemperatur auf 50°C , bei einer Ausgangstemperatur von 20°C , bewirkt eine Zunahme der Ruhedurchblutung um 350 % (2))
- Lagerung der Beine (die venösen Abfluß gewährleistet)
- Einfluß der Meßkette (Verdoppelung der Volumenzunahme (registrierter Wert) bei Verschiebung eines Meßfühlers von ca 10 cm Länge um eine Strecke am Bein, die den Fühler um einen weiteren cm dehnt)

abhängig.

Zu locker angelegte Meßfühler verursachen einen Variationskoeffizienten bis zu 12 % (27).

Die Rechnerkette des Plethysmografen verursacht einen Gesamtfehler von 5 %.

Von Thulesius wird der Fehler, den die gesamte Messung beinhaltet, mit 12 % angegeben (33); im Gegensatz dazu beträgt der methodische Fehler bei der Wasserplethysmografie 7,8 %. Des Weiteren können plethysmografische Ergebnisse unbrauchbar werden, wenn Kreislaufeinflüsse wie

- Atembewegungen (Var.-Koeff.: 6 % (!))
 - Ödeme
 - Phlebothrombotische Prozesse
 - zirkadiane Kreislaufeinflüsse (Streuung um bis zu 60 % vom Mittelwert bei der Wadendurchblutung (27))
 - Streß oder Konzentration
 - Arzneitherapie und
 - Myokardzustand
- auf die Messungen einen Einfluß haben.

Herzinsuffizienz und Sinusarrhythmien, sowie AV-Blockierungen I., II. und III. Grades bedingen eine um die Hälfte verminderte Durchblutung.

Die Ultraschall-Dopplersonografie ist dagegen nicht nur zeitsparender einzusetzen (ca 15 min pro Patient), sondern auch wesentlich geringer anfällig für Störeinflüsse.

Auch hier seien kurz die wichtigsten genannt:

-Gewebebeschaffenheit (Ödeme, Mediasklerosen, u.a.)

-tiefliegende Arterienstrecken sind für die Meßtechnik nicht zugänglich

-mancherorts wird eine, durch gut kollateralkompensierte Stenosen verursachte, falsch normale Durchblutungssituation (34) als vorgetäuscht angenommen; die Praxis aber zeigt, daß durch genaues "Abhören" der Arterien sehr wohl Stenosen mit der Dopplersonde erfaßt werden können, auch wenn sie ausreichend kompensiert sind.

Weiterhin ist zu bemerken, daß die Sonografie - im Gegensatz zur Plethysmografie - nie falsch positive Ergebnisse liefert.

Im Folgenden seien auch die Meßergebnisse der vorliegenden Untersuchungsreihen kurz kommentiert:

Das Ziel dieser Untersuchungsreihen war die Wertung der Venenverschlußplethysmografie als Methode der angiologischen Routinediagnostik bei Verdacht auf arterielle Durchflußstörungen der Beine. Hierbei erscheint es am wichtigsten, einen Vergleich zwischen dem klinischen Bild und dem plethysmografischen Ergebnis anzustellen.

Er zeigt, daß im klinisch unauffälligen Stadium in etwa 3/4 der Fälle Übereinstimmung zwischen dem plethysmografischen Ergebnis und dem beschwerdefreien Beindurchblutungsstatus besteht. Im Stadium I kann davon ausgegangen werden, daß etwa 2/3 der Meßergebnisse mit dem klinischen Beschwerdebild korrelieren. Im durch schwerwiegende Durchblutungsstörungen gekennzeichneten Bereich gibt die Plethysmografie nur in 2/5 der Fälle Hinweise auf gravierende Durchblutungsstörungen.

Wie schon erwähnt, nehmen parallel zu dem Schweregrad der Durchblutungsstörungen auch die Hinweise auf eine solche Störung durch das Meßergebnis zu. Jedoch ist ein sicherer Zusammenhang zwischen Durchblutung und Meßergebnis nicht gegeben, obwohl dieser gerade bei Vorliegen dezentrierter Hinweise auf AVK äußerst wünschenswert wäre.

Sicher ist dafür auch die im Beginn der Erkrankung noch wirksame Kollateralenbildung verantwortlich.

Die Venenverschlußplethysmografie muß also unter diesen Aspekten als "grob orientierendes" Meßverfahren eingeschätzt werden, das es allenfalls gestattet, die Notwendigkeit, andere diagnostische Verfahren heranzuziehen, zu beurteilen.

Die Ergebnisschwankungen bei Wiederholung der Messungen zeigen außerdem, daß durch den Verlust der Möglichkeit, einen Seitenvergleich der Ergebnisse beider Beine anzustellen, ein exakter Rückschluß auf einen obliterierenden Prozeß im Bereich der Aorta abdominalis nicht möglich sein kann. Speziell hierbei leisten "einfache" Verfahren, wie z.B. die Rheografie, wesentlich wertvollere Dienste.

Durch die intraindividuellen Schwankungen der Ergebnisse ebenfalls verdeutlicht wird die Problematik, mit der Venenverschlußplethysmografie keine Verlaufsuntersuchungen durchführen zu können.

Die Meßreihen ergaben für die einzelnen Stadien Werte, die die Betrachtung des Erstflusses, Spitzenflusses und der Spitzenflußzeit zur Beurteilung der Durchblutung gestatten. Hierbei stimmen die Meßwerte recht gut mit den Werten anderer Untersucher (3) überein. (Tabelle 18)

Das entscheidende jedoch ist die gemeinsame Berücksichtigung der 3 genannten Parameter.

Nur sie gestattet eine relativ zuverlässige Diagnostik. Die isolierte Betrachtung des Erstflusses oder der Spitzenflußzeit erlaubt keinerlei Rückschlüsse auf die Durchblutungslage. Selbst die alleinige Berücksichtigung des Spitzenflusses garantiert keine zuverlässigen Hin-

Autor	n	Erstfluß Wade	Spitzenfluß Wade	Spitzenfluß zeit, Wade	Erstfluß Knöchel	Spitzenfluß Knöchel	Spitzenfluß zeit, Knöchel	Methode
Dahn 1965	104	0:21,3 ±7,7	0:26,5 ±8,5	---	---	---	---	Wasser- plethysmografie
Steinle 1965	85	0:21,9	---	---	---	---	---	Luftple- thysmografie
Bollinger 1968	0:17 I:5 II:9 III:7 IV:3 III/IV:29	0:20 II:18 III:9 IV:4	0:15 II:30 III:45 IV:75	---	---	---	---	Dehnungsmeß- streifenmeß- fühler
Mörl 1979	II:17 III/IV:20	0:13-19 I:-- II:ca 10 III:-- IV:--	II:90 III:90	---	---	---	---	Dehnungsmeß- streifenmeß- fühler
Breslau 1981	305 gesund 77 m. AVK	0:23,5 ±6,1 bei Oberschenkel- verschluß: 9,3 ±1,3	0:13,8 ±7,4 bei Ober- schenkelver- schluß: 61,6 ±36,6	---	---	---	---	Dehnungsmeß- streifenmeß- fühler
eigene Untersuchungen 1983	102	0:16,4 ±8,3 I:10,5 ±7,4 II:6,9 ±5,8 III/IV:1,5 ±1,3	0:19,5 ±8,4 I:14,9 ±7,4 II:8,2 ±2,9 III/IV:5 ±4,7	0:19,3 ±7 I:20,3 ±7,7 II:23,5 ±11,1 III/IV:18,8 ±11,9	0:3,4 ±2,7 I:2,8 II:1±0,5 II:1±0,5	0:4,5 ±2,7 I:2,8 II:1±0,5 II:46 ±2	0:23, +10 I:15 II:46 ±2	Dehnungsmeß- streifenmeß- fühler
Mörl 1979 klassifiziert als einziger Autor in Altersgruppen; (8)								

Tabelle 18: Normalwerte und pathologische Wertebereiche in der Venenver-
schlußplethysmografie; eigene Untersuchungen im Vergleich zu
anderen Untersuchern:

Erläuterungen: Flußwerte in $\frac{\text{ml}}{100 \text{ ml} \times \text{min}}$, Zeiten in sec; O, I, II, III/IV =
Verschlußstadien

weise, obwohl der Spitzenfluß seit Jahrzehnten als wichtigstes Kriterium angesehen wird. (Wie von Breslau 1981 festgestellt (4), kann der Spitzenfluß also nur als "Hilfsparameter" zur Beurteilung der Durchblutungssituation betrachtet werden.)

Tabelle 15 (Seite 36) verdeutlicht, daß bei 20 Fällen mit gesicherter Lokalisation der AVK im Becken oder Oberschenkel in 90 % ein Hinweis durch verminderten Spitzenfluß, in 55 % ein Hinweis durch erhöhte Spitzenflußzeit und in 90 % ein Hinweis durch verminderten Erstfluß auf eine Verminderung der Durchblutung gegeben wird.

Betrachtet man alle 3 Parameter zusammen, so ergibt sich in 95 % der Fälle ein Hinweis auf AVK durch mindestens einen Parameter; in 90 % der Fälle deuten mindestens 2 Parameter auf eine AVK hin. (Nicht zu vergessen ist, daß (nach Tab.2) bei $n = 100$ in 34 % der untersuchten Beine durch mindestens einen Parameter falsch positive Hinweise auf AVK gegeben werden.

Wird die Spitzenflußzeit dabei nicht beachtet, verbessert sich dieses Ergebnis auf 19 %.)

Man kann also feststellen, daß unter Berücksichtigung der beiden Werte des Spitzenflusses und des Erstflusses in etwa 80 % eine AVK proximal des Meßfühlers vorliegt, wenn die beiden Werte darauf hindeuten.

Diese Treffsicherheit wird durch die Beurteilung der Durchblutungssituation mittels Dopplersonografie mit Frequenzgangaufzeichnung und Auswertung, Druckmessung und Kombinieren mit der Beurteilung der klinischen Symptome vom Erfahrenen sicher übertroffen.

Es sei noch kurz angemerkt, daß es sich erübrigt, auf Änderungen des Ruheflusses einzugehen, da seit langem bekannt ist, daß dem Meßwert des Ruheflusses (wegen seiner inter- und intra-individuellen Schwankungen) keine Bedeutung beigemessen werden kann. (2,3,7,26)

Dennoch scheint zwischen dem Ruhefluß und dem Spitzenfluß des proximalen Meßfühlers ein gewisser Zusammenhang nach-

weisbar zu sein. Die Korrelation beträgt immerhin 0,45 und ist damit statistisch verwertbar. So kann man davon ausgehen, daß sich Ruhefluß und nach Ischämie gemessener Spitzenfluß bei jedem Bein angedeutet parallel verhalten.

Wegen des o.g. Verhaltens des Ruheflusses in den einzelnen Stadien kann ihm jedoch kein diagnostischer Wert in der Routinearbeit mit dem Plethysmografen zugestanden werden. Insofern stimmt dieses Ergebnis mit der Meinung der genannten Autoren und Untersucher überein.

(Das Gesagte gilt im Übrigen auch für den distal gemessenen Ruheflußwert.)

Interessante Ergebnisse ergaben sich bei dem Anlegen zweier Meßfühler (proximal am dicksten Wadenumfang, distal über den Malleolen), besonders auch bei dem kombinierten Betrachten der gesamten Parameter an beiden Meßstellen.

Bereits 1959 und 1962 stellten T. Winsor und M. Allwood in ihren Untersuchungen fest, daß der Vergleich der reaktiven Hyperämie (nach 3-minütiger Ischämie) zwischen proximalem und distalem Meßfühler zu einem charakteristischen Muster, je nach Durchblutungslage führt. So wurde gefunden, daß der Spitzenfluß am oberen Meßfühler bei gesunden Probanden unmittelbar, bei Erkrankten verzögert eintritt, d.h. die Muskeldurchblutung bei AVK verspätet ihren postischämischen Höhepunkt erreicht. Der untere Spitzenflußwert, der ja hauptsächlich die Hautdurchblutung des Fußes beschreibt, tritt beim Gesunden simultan mit dem oberen Spitzenflußwert auf, bei Vorliegen einer AVK aber erst, wenn die postischämische Hyperämie an der Wade (d.h. in der Muskulatur) wieder im Abklingen begriffen ist. Dies wurde auch als "Diversionsphänomen" bezeichnet; es gewährleistet eine bevorzugte Durchblutung der Wadenmuskulatur bei Beinbelastung unter Verzicht auf eine Durchblutung der Haut des Fußes, und wahrscheinlich auch der Zehen (2). Die Bedarfstoffschuld wird nach Beendigung der Belastung durch, am distalen Fühler meßbare Hyperämie nachgeholt.

Das Diversionsphänomen ist bis zum heutigen Tage für die Routinediagnostik in Vergessenheit geraten, auch wird dem Anlegen eines distalen Hautmeßfühlers am Fußknöchel kaum mehr Bedeutung beigemessen. (In einem persönlichen Schreiben wurde dem Autor durch Priv. Doz. Dr. med. Rudolfsky, Ulm -19.9.1983-, bestätigt, daß "eine Differenzierung von Haut- und Muskeldurchblutung nicht statthaft" sei.) Die durchgeführten Untersuchungen jedoch zeigten, daß von den durch distalen Meßfühler gewonnenen Meßwerten besonders die Spitzenflußzeit zur Diagnostik zu verwenden ist. Neben dem distalen Spitzenfluß, der etwa im gleichen Maß wie der proximale mit dem Blutfluß korreliert, ist besonders die Spitzenflußzeit zusammen mit dem proximalen Spitzenfluß als diagnostischer Parameter zu berücksichtigen. Beide Werte erlauben die Berechnung des AVK-HQ, der, wie dem Ergebnisteil zu entnehmen, nicht nur sehr zuverlässige Hinweise auf Vorliegen einer AVK liefert, sondern auch im geringeren Maße eine Lokalisationsdiagnostik erlaubt.

Damit ist also eine relativ einfache Methode gefunden, sicher zu entscheiden, ob eine AVK überhaupt vorliegt, die sich dann mit großer Sicherheit dopplersonografisch nachweisen läßt. (Selbstverständlich ist dieser Quotient nur so gut, wie die Zuverlässigkeit der Werte für proximalen Spitzenfluß und distaler Spitzenflußzeit.) Weicht allerdings auf Grund gesicherter Störeinflüsse der proximale Spitzenfluß bei der Wiederholungsmessung stark vom ersten Wert ab, so empfiehlt es sich, durch nochmalige Messung den wahren Wert zu ermitteln, und ihn zur Berechnung des Hinweisquotienten zu benutzen.

Zusätzlich ist immer bei angelegtem distalen Meßfühler eine Lokalisationsdiagnostik möglich; durch die Berücksichtigung der Hinweise auf Durchblutungsstörungen an den beiden Meßstellen läßt sich im Überblick entscheiden, ob ein Verschuß im Oberschenkel oder darüber oder auch im Unterschenkel lokalisiert ist.

Wichtig ist zu beachten, daß die Lokalisationsdiagnostik mittels Verschlußplethysmografie nur sichere Hinweise liefert, wenn der Untersucher vorallem die Ergebnisse des distalen Meßfühlers auf Erstfluß, Spitzenfluß und Spitzenflußzeit überprüft. Nur die Veränderung aller 3 Werte, im Sinne einer Verminderung des Blutflusses durch die Haut am Fuß, läßt den Schluß zu, ein obliterierender Prozeß könne vorliegen.

Es ist also zu fordern, daß zur diagnostischen Sicherung der Spitzenfluß distal höchstens $1,5 \frac{\text{ml}}{100\text{ml} \times \text{min}}$, der Erstfluß distal höchstens $1,0 \frac{\text{ml}}{100\text{ml} \times \text{min}}$ und die Spitzenflußzeit distal mindestens 25 sec beträgt.

Das Entscheidende bei der Beurteilung der Lokalisation und des Stadiums einer Blutflußstörung in den Beinarterien ist jedoch die Erfahrung des Untersuchers mit der Methode.

F Literaturhinweise

- 1.) Baker D. Noninvasive techniques in the evaluation of arterial disease, Henry Ford Hospital Medical Journal, 1978, Bd. 26, 2. Heft, S. 5-12
- 2.) Bollinger A. Durchblutungsmessungen in der klinischen Angiologie, Band 4 aus der Reihe: "Aktuelle Probleme in der Angiologie", Verlag Hans Huber, Bern 1969
- 3.) Bollinger A. Meßmethoden bei arteriellen Durchblutungsstörungen, Band 13 aus der Reihe: "Aktuelle Probleme in der Angiologie", Verlag Hans Huber, Bern 1971
- 4.) Breslau P.J. Comparative study of strain-gauge plethysmography and dopplerultrasound in patients with occlusive arterial disease of the lower extremities, Angiology 1981, Band 32, Heft 12, S. 840-845
- 5.) Busse R. und Pasch Th. Arterielle Stenoseformen-Entstehung und transkutane Registrierung, Ultraschall-Doppler-Diagnostik, Thieme-Verlag, S. 15 und 16
- 6.) Cachovan M. Konservative Therapie bei Arterienkrankungen, Internistische Welt, 1981, Nr. 10, S. 410-421
- 7.) Diehm C. und Mörl H. Einfluß der Drosselungsdauer auf die reaktive Hyperämie bei Venenverschußplethysmografie, in: Therapiekontrolle in der Angiologie, Herausgeber R. Hild, G. Spaan, Verlag G. Witzstrock, Baden-Baden 1979, S. 107-109
- 8.) Diehm C. und Mörl H. Ultraschall-Doppleruntersuchungen des peripheren Gefäßsystems, Röntgenpraxis 1981, Nr. 34, S. 350-353

- 9.) Gutmann J. Heutiger Stand der Venenverschlußplethysmografie, aus: Therapiekontrolle in der Angiologie, Herausgeber R. Hild, G. Spaan, Verlag G. Witzstrock, Baden-Baden 1979, S. 99-102
- 10.) Heyden S. Präventive Kardiologie, Ergebnisse aus Interventionsstudien, Boehringer Mannheim 1981, 2. Auflage
- 11.) Hübner K. Unidirektionales Ultraschallverfahren, Fortschritte in der Medizin 1979, Band 97, Nr. 40, S. 1789-1792
- 12.) Hutschenreiter W. Einsatz eines automatisierten Venenverschlußplethysmografen für postoperative Untersuchungen zur arteriellen Beindurchblutung nach Benutzung der A. iliaca externa zur retrograden Perfusion, Zeitschrift für experimentelle Chirurgie 1978, Band 2, Heft 5, S. 312-316
- 13.) Jagenau A. Die Determinanten der reaktiven Hyperämie und Horig Ch. und ihre Bedeutung für experimentelle und klinische Untersuchungen, aus: Therapiekontrolle in der Angiologie, Herausgeber R. Hild, G. Spaan, Verlag G. Witzstrock Baden-Baden 1979, S. 103-106
- 14.) Jahnke K. Diabetische Makroangiopathie in: Diabetes und Luh W. im Bild, zum Thema Spätkomplikationen, Höchst AG 1972
- 15.) Juchems R. Herz- und Kreislaufkrankheiten, eine Einführung, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1981
- 16.) Kalimann J. Rheografische und venenverschlußplethysmografische Befunde bei Patienten mit u. Polzer K. Schuhfried F. Mönckeberg-Mediasklerose der Unterschenkelarterien, aus: Therapiekontrolle in der Angiologie, Herausgeber R. Hild, G. Spaan, Verlag G. Witzstrock, Baden-Baden 1979

S.225-229

- 17.) Kaltenbach M. Durchblutungsmessungen gesunder Versuchspersonen in Ruhe, nach arterieller Drosselung, während und nach Muskelarbeit mit Hilfe von Verstärkeroszillografie, Venenverschlußplethysmografie und Gewebsclearance von Xenon¹³³, Klinische Wochenschrift 1968, 46. Jahrgang, Heft 5, S.238-242
- 18.) Köhler M. Häufige Fehlerquellen bei der Bestimmung des peripheren systolischen Drucks
Zielinsky D. mit Hilfe der Ultraschall-Dopplertechnik, aus: Therapiekontrolle in der Angiologie, Herausgeber R.Hild, G.Spaan, Verlag G. Witzstrock, Baden-Baden 1979, S.116-119
- 19.) Kriessmann A. Diagnostische Wertigkeit von Ultraschall-dopplermessungen, Belastungszoszillografie und periphere Phlebodynamometrie bei arterieller Verschlußkrankheit der unteren Extremitäten, Verhandlungen der deutschen Gesellschaft für Kreislaufforschung 1975, Band 41, S.341-343
- 20.) Kriessmann A. Diagnostik peripherer und zentraler Durchblutungsstörungen, Lipha GmbH Essen
- 21.) Kriessmann A. Ultraschall-Doppleruntersuchung der peripheren arteriellen und venösen Gefäße, Therapiewoche 1980, Nr.30, S.144-155
- 22.) Mörl H. Arterielle Verschlußkrankheiten der Beine, Springer Verlag 1979, 1. Auflage
- 23.) Mörl H. Zum Einfluß der kardialen Leistungsfähigkeit auf die Durchblutung der unteren Extremitäten, Deutsche Med. Wochenschrift 1973, Jahrgang 18, Heft 44, S.2075-2079
- 24.) Neuerburg-Hensler Doppler-Sonografie, Röntgenblätter 1980, Nr.33, Thieme Verlag, S.487-495
- 25.) Rudofsky G. Venenverschlußplethysmografie, Diagnostik u.a.

- tik 1977, Nr. 10, S. 24-26
- 26.) Rudofsky G. u.a. Periphere Gefäßerkrankungen in der tgl. Praxis, Round-table-discussion, Patient-care 1979, Nr. 9, S. 6-36
- 27.) Rudofsky G. und Gutmann J. Eurasburger Berichte zu Themen der Angiologie und Kardiologie, Venenverschlußplethysmografie, Herausgeber Dr. Ing. J. Gutmann 1979
- 28.) Rudofsky G. Zirkulation, Angewandte Angiologie, Perimed Fachbuchverlagsges.m.b.H., Erlangen 1981
- 29.) Schettler G. Machbares, Wünschbares und Utopisches in der Medizin am Beispiel der Angiologie-Kardiologie, aus: Therapiekontrolle in der Angiologie, Herausgeber R. Hild, G. Spaan, Verlag G. Witzstrock, Baden-Baden 1979, S. 24-39
- 30.) Schraibmann J.G. Impedanceplethysmografie: Evaluation of a simplified system of electrodes for the measurement of blood-flow in the lower-limb, British Journal of surgery 1976, Band 63, Heft 5, S. 413-416
- 31.) Schütz R.M. Kontrolle therapeutischer Effekte bei peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen: Pulsationsabhängige Verfahren aus: Therapiekontrolle in der Angiologie, Herausgeber R. Hild, G. Spaan, Verlag G. Witzstrock Baden-Baden 1979, S. 39-48
- 32.) Stein U. u.a. Die Aussagefähigkeit der Venenverschlußplethysmografie während einer probatorischen Nucleosid-Nucleotid-Gemisch-Infusion in Bezug auf den zu erwartenden therapeutischen Effekt, aus: Therapiekontrolle in der Angiologie, Herausgeber R. Hild, G. Spaan, Verlag G. Witzstrock Baden-Baden 1979, S. 135-137

- 33.) Thulesius O. Venenverschlußplethysmografie zur Kontrolle therapeutischer Effekte, aus: Therapiekontrolle in der Angiologie, Herausgeber R.Hild, G.Spaan, Verlag G. Witzstrock Baden-Baden 1979, S.23-26
- 34.) Tilch H. Ultraschallsonografie der Gefäße,
und Therapiewoche 1979, Nr.29, S.8210-8225
Schramm A.
- 35.) Witte S. Leiter der Herrenalber angiologischen Gespräche: Therapie und Pathophysiologie arterieller Verschlußkrankheiten, Therapiewoche 1972, Heft 5 und 6

Lebenslauf

Ich, Klaus Plab, wurde am 31.7.1959 als älterer Sohn des Internisten Dr.med. Heribert Plab und seiner Frau, Edith Plab, geb. Fuchs, geboren.

Von 1965 bis 1969 besuchte ich die Volksschule an der Gänselieselstr. in München, wechselte dann in das Staatliche Gymnasium Ottobrunn über.

Am 23.1.1970 verstarb mein Vater.

Die letzten beiden Schuljahre absolvierte ich im Nymphenburger Gymnasium in München, dort schloß ich 1978 meine Schullaufbahn ab.

Unmittelbar anschließend leistete ich meinen Wehrdienst. Nach einem folgenden Jahr der praktischen Tätigkeit als Krankenpflegehelfer am Städtischen Krankenhaus München-Harlaching begann ich im Jahre 1980 mein Studium an der Ludwig-Maximilians-Universität in München.

München im März 1984

